

유성견에서 교정적 치아이동에 따른 치주조직 변화에 관한 연구

강 남 용¹⁾ · 윤 영 주²⁾ · 김 광 원³⁾

교정력에 의한 치주조직의 변화를 알아보기 위해 성장중인 유성견에서 단기간의 교정력이 가해진 직후와 보정기간 동안 일어나는 치아와 골조직의 변화양상을 조직학적으로 관찰하였다. 본 연구에서는 생후 4-6개월된 유성견 3마리를 이용하여, 각 실험동물의 하악 좌측 견치와 제1대구치는 실험군으로, 우측 견치와 제1대구치는 대조군으로 하였다. 하악견치와 제1대구치에 치관사이에서 최초 교정력이 200gm이 되도록 0.018"×0.022" S.S closed coil spring(Dentarum Co)의 길이를 조절하여 치아에 결찰시키고 장치는 1주간 활성화기간을 갖은 후 14일, 28일의 보정기간을 거쳐 희생시켜 하악골을 절제하여 통법에 따라 H-E염색군, 연마표본군, ALP염색군, TRAP염색군등으로 나누어 염색을 시행하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 교정력을 종료한 직후

견인측 치주인대 폭경이 대조군보다 더 증가된 상을 보이고, 반대로 압박측은 폭경이 감소된 소견을 보이며 치주인대의 섬유들이 치축에 수직으로 압축되며 초자양 변성이 관찰되었다.

대조군에서 관찰되는 다수의 규칙적인 배열을 보였던 조골세포가 견인측에서는 간혹 관찰되었다.

2. 교정력 종료후 14일 보정기간 경과군

치주인대내 섬유아세포들이 증식되어 초자지질대가 회복되는 소견이 관찰되었고 견인측 치주인대의 폭경이 교정력을 종료한 직후군보다 감소하였으며, 소수의 ALP(+) 조골세포와 함께 신생골형성도 관찰되었다.

압박측 치주인대의 폭경은 교정력을 종료한 직후군보다 다소 증가하였으며 골흡수도 증가되었다.

3. 교정력 종료후 28일 보정기간 경과군

치주인대섬유는 정상적으로 회복되어 대조군과 유사한 양상을 보였고 견인측 치조골내 다수의 ALP(+)조골세포와 활발한 신생골형성이 관찰됨과 더불어 압박측 치조골은 다수의 TRAP(+)파골세포와 왕성한 골흡수양상을 보였다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 교정력을 7일간 가한 직후 유리질화가 관찰되었고 교정력을 종료후 28일 보정기간 경과군에서 압박측에서는 파골세포 견인측에서는 조골세포의 활성화와 함께 각각에서 왕성한 골흡수와 신생골형성이 관찰됨을 알 수 있다.

(주요단어 : Optimal orthodontic force, osteoblast, osteoclast)

I. 서 론

교정치료를 위해 치아를 이동시키기 위해서는 치

주조직에 손상을 주지 않고 생리적 골개조가 일어나도록 적절한 교정력이 유지되어야 한다. 따라서 치조골내에서 가장 바람직한 방법으로 치아를 이동시켜 양호한 교합을 얻기 위해서는 치아와 주위조직 등의 생역학적 지식이 필요하다.

교정력을 받은 치아는 새로운 평형을 회복하기 위

1) 조선대학교 치과대학 교정학교실, 전공의

2) 조선대학교 치과대학 교정학교실, 전임강사

3) 조선대학교 치과대학 교정학교실, 부교수



Fig. 1. A photography of fixed appliance in young adult dogs

하여 힘의 방향으로 이동하며 이때 치아 이동 효과를 최대로 얻기 위해서는 복잡한 치아 이동 비율과 힘의 크기간의 기전을 잘 이해하여 최적의 힘과 작용기간이 필요하다^{10,34,35)}. 또한 치아주위 조직에는 치아의 이동방향 및 이동 형태에 따라 견인측과 압박측이 발생하게 되는데 이로 인해 조직의 생리적 반응이 개시된다. 양측에서 일어나는 조직 반응은 서로 다르며 연조직, 즉 치주인대내의 조직변화에 이어 압박측에서는 치조골내 파골세포가 나타나 골을 흡수하고 장력측에서는 조골세포가 나타나 신생골을 형성하며 치아는 새로운 위치로 이동하게 된다.

지속적인 교정력하에서의 치주인대와 골의 반응에 대해 1904년 Sandstedt³²⁾가 처음으로 개를 대상으로 치주조직 반응을 보고한 이래, Oppenheim¹⁸⁾은 치아 이동 개념의 이론적 기틀을 마련하였으며 Marcapanpan¹⁷⁾ 등은 장력측 치주조직에서 일어나는 반응은 실험방법에 따라 경시적 차이가 있으나 대체로 조섬유세포의 증가와 치주인대 섬유조직의 신장, 치주인대 섬유조직의 불규칙변화, 치주인대 세포의 증식, 치조골면의 신생골침착 및 치주인대 혈관의 확장등이 일어난다고 보고하였고, 압박측 치주조직에서는 치근막 섬유조직의 압박과 무세포대의 형성, 파골세포의 출현과 치조골의 흡수가 일어난다고 하였다. 또한 치아이동에 따른 골개조 반응을 생화학적 세포생물학적으로 규명하여 특정세포의 활성도, 생화학적 성분 및 특정호르몬의 분포와 농도변화에 대하여 근래에까지 다양한 실험방법을 통해 많은 학자들^{9,10,15)}이 연구하였다. 또한 국내의 실험적연구는 남¹⁾, 임⁵⁾, 유와 이²⁾의 광학현

미경연구가 있었고, 전자현미경 연구는 장⁶⁾, 이와 이⁴⁾의 긴장측 치주조직에 관한 연구와 압박측 치주조직에 관한 이³⁾의 연구가 있었으나 모두 교정력이 가해지는 동안에 일어나는 일련의 과정을 연구하였으며, 보정기간 동안 일어나는 변화에 대한 연구는 미미하였다. 이에 저자는 단기간의 교정력이 종료된 직후와 보정기간 동안에 일어나는 일련의 치주조직 변화양상중 골조직 변화를 관찰하기 위해 연마표본(Villanueva stain)을 제작하여 관찰하였으며 통상적인 염색방법으로는 단지 추측에 불과했던 조골세포와 파골세포의 출현 부위 및 시기 등에 대해 염기성 인산분해효소 염색, Tartrate저항성 산성인산분해효소 염색에 의한 특정효소의 활성여부를 통해 밝혀 보고자 본 연구를 시행하였다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

본 연구에서는 유치와 영구치가 교환중이며 정상 교합을 보이는 생후 4-6개월된 유성견 3마리를 이용하였다. 각 실험동물의 하악좌측 견치와 제1대구치는 실험군으로, 우측 견치와 제1대구치는 대조군으로 하였으며 각각 독립적인 우리를 사용하여 고품사료와 물로 사육하였다.

2. 연구방법

1. 장치제작 및 장착

실험동물은 체중 kg당 0.22-0.44ml의 염산케타민(유한케타민[®] 50mg/ml, 유한양행)을 근육주사하여 마취시킨 후, putty type 고무인상재를 이용하여 상악 인상채득 후에 경석고를 부어 작업모형을 제작하였다. 이 작업모형상에서 개인트레이를 제작한 후 알지네이트인상을 채득하여 경석고를 부어 모형제작을 하였다. 이 모형상에서 하악견치와 제1대구치간 치관 사이에서 최고 교정력이 200gm이 되도록 0018"×0.022" S.S closed coil spring(Dentaurum Co)의 길이를 조절하고, 구강내에서 치관을 천공시킨 후, 브래스 와이어를 이용 closed coil spring을 치아에 결찰시켜 1주간 교정력을 가하였다(그림 1). 교정력을 가한 후 2주, 4주동안 보정기간을 갖는 2마리의 실험동물들은 교정용장선을 이용하여 고정하였다.

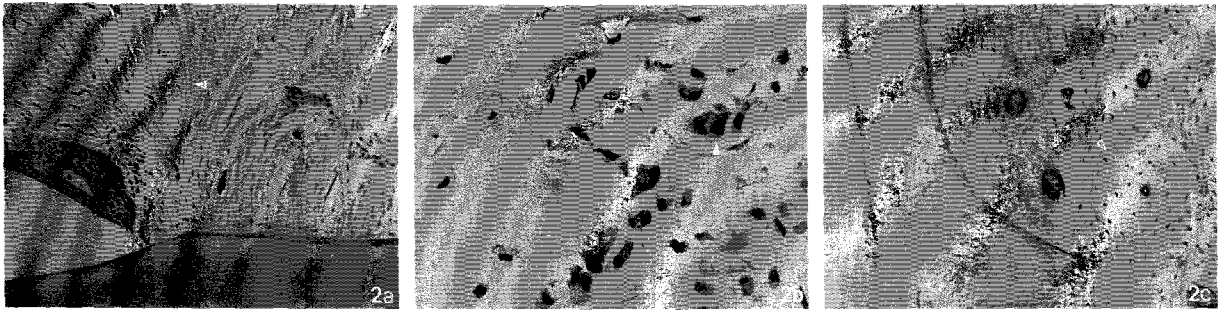


Fig. 2. Control group.

- a) A light photomicrograph of control group, hematoxylin-eosin stain(arrow;periodontal ligament fiber orientation, ×100)
- b) A light photomicrograph of control group, hematoxylin-eosin stain(arrow;osteoblast, ×400)
- c) A light photomicrograph of control group, ground section(Villianueva stain, arrow;harversian system, ×100)

2. 실험동물 희생 및 조직편 제작과정

실험동물은 교정력을 가한 직후와 14일 및 28일간의 보정기간을 각각 거친 후에 염산케타민(유한케타민[®] 50mg/ml, 유한양행)으로 마취한 후 25% glutaraldehyde(0.1M phosphate buffer, pH 7.4)로 관류고정을 시행하였다. 그후 하악골을 절제하여 glutaraldehyde(0.1M cacodylate buffer, pH 7.4)에서 고정한 후 조직을 H-E 염색군, 연마표본군, 염기성 인산분해효소 염색군, tartrate저항성 산성인산분해효소 염색군으로 나누었다.

H-E염색군은 2.5% glutaraldehyde가 포함된 0.1M EDTA(0.1M cacodylate buffer, pH 5.8- 6.8)에서 탈회를 시행하여 통법에 따라 H-E염색을 시행하여 광학현미경으로 관찰하였다.

연마표본군은 3일동안 Villanueva 염색 후 Spurr[®] (low viscosity resin, Polysciences Inc.) 로 포매한 뒤 Model 650 low speed diamond wheel saw[®](South bay technology Inc.)를 이용하여 60 μ m로 절단한 후 Model 920 lapping an polishing machine[®](South bay technology Inc.)을 이용하여 #2400, #4000 Silicon carbide grinding paper[®](Struers Ins.)로 연마하고 Polishing cloths[®](Struers Inc.)에 0.25 μ m직경의 Alumina paste^R(Struers Inc.)를 이용하여 최종활택을 시행하여 광학현미경으로 관찰하였다.

염기성 인산분해효소 염색군은 2.5% glutaraldehyde가 포함된 0.1M EDTA(0.1M cacodylate buffer, pH 5.8-6.8)에서 탈회를 하여 Histostat microtome[®] (American optical Inc.)으로 동결절단하였다. 그 뒤

FRV-alkaline phosphate solution, naphthol AS-BI alkaline solution, sodium nitrite solution, hematoxylin solution을 가한 후, 고정된 세포를 상온에서 반응시켜 효소활성을 광학현미경으로 관찰하였다.

Tartrate저항성 산성인산분해효소 염색군은 2.5% glutaraldehyde가 포함된 formic acid(0.1 M cacodylate buffer, pH 4.2-3.8)에서 탈회하여 Histostat microtome[®](American optical Inc)으로 동결절단하였다. 그 뒤 naphthol AS- BI phosphate solution, fast garnet GBC base, tartrate solution, sodium nitrite solution, acetate solution, hematoxylin solution을 가한 후, 고정된 세포를 상온에서 반응시켜 효소활성을 광학현미경으로 관찰하였다.

III. 연구결과

가. 대조군의 조직학적 소견

1) H-E 염색군

치주인대강에서는 대체로 사선 방향으로 치주인대 섬유가 배열되어 있었는데(그림 2-2a), 교원질과 세포기질 사이사이에 혈관 및 Malassez 상피잔사와 더불어 섬유아세포들이 관찰되었고 골변연부에서는 비활성화된 조골세포들이 배열되어 있었고(그림 2b) 치조골은 성숙골의 양상을 보였으며 조골세포와 치조골사이의 함입과 돌출이 심한 파형이었으며 다양한 접착선(Cement line)의 형성과 더불어 골면은 Sharpey 섬유들이 매식되어 있었고, 치주인대섬유는 백악

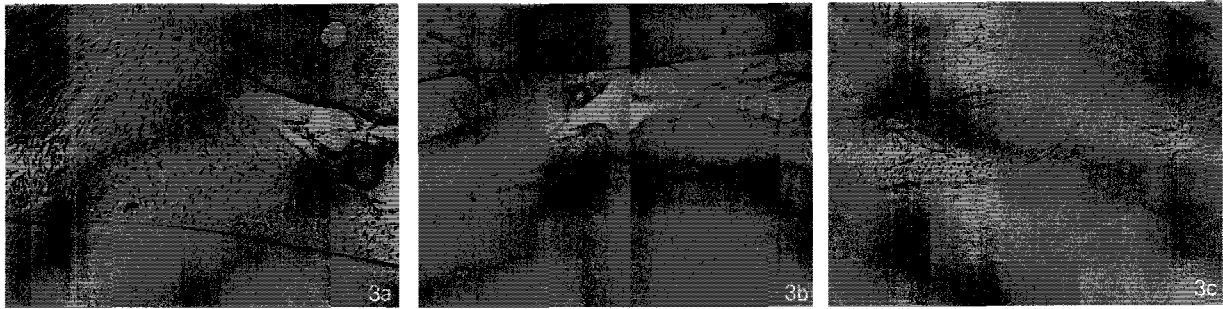
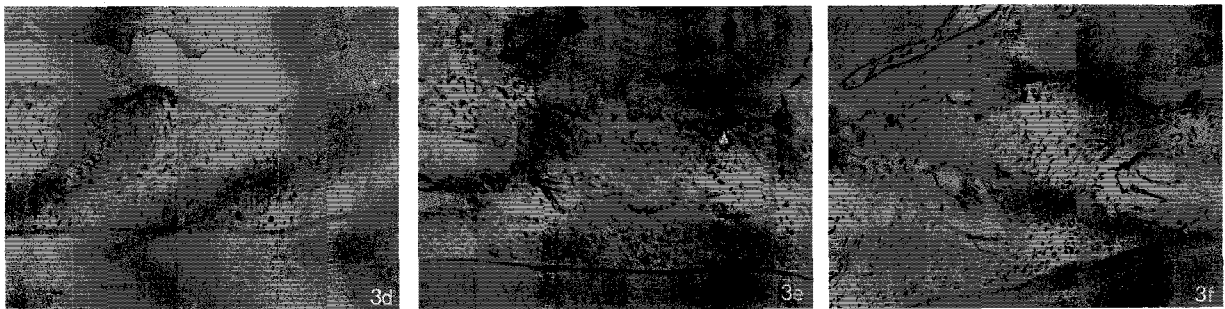


Fig. 3. A light photomicrograph of experimental group, hematoxylin-eosin stain
 a) just after activation.(tension side, ×100).
 b) just after activation.(pressure side, ×100)
 c) 14-day after activation.(tension side, ×100)



d) 14-day after activation.(pressure side, ×100)
 e) 28-day after activation.(tension side, arrow:osteoblast, ×100)
 f) 28-day after activation.(pressure side, arrow:osteoclast, ×100)

질에서 치조골축으로 사선 또는 수평으로 주행하고 있었다.

치근단부의 치주인대섬유는 방사상으로 배열되어 있었고 백악질은 비교적 비대되어 있었으며, 치조골 및 백악질면에서 파골세포는 관찰할 수 없었고 치조골면에서 방사형의 조골세포가 골계면을 따라서 규칙적으로 배열된 양상을 보였다.

2) 연마표본군

백악질은 백아법랑경계에서 치근단부측으로 갈수록 두터워지고 부분부분에 따라 백악세포 소와에 백악세포가 묻혀 있는 세포성 백악질과 백악세포가 없는 무세포성 백악질이 존재하고 있었다. 치조골은 치주인대와 인접한 골계면에서는 주위 층판(Circumferential lamella)이 관찰되었으며, 그내측으로 골소와 내에 골세포가 하버스관을 중심으로 동심원상으로 배열된 하버스계통을 구성하고 있었고 사이사이에

간질 층판(Interstitial lamella)도 관찰되었다(그림 2c).

3) 염기성 인산분해효소 염색군

ALP에 활성을 나타내는 조골세포가 치조골 계면에 따라 소수 관찰되었다.

4) Tartrate저항성 산성인상분해효소 염색군

TRAP에 활성이 있는 파골세포가 치근단부에서 극소수 관찰되었다.

나. 실험군의 조직학적 소견

1. H-E 염색군

1) 교정력을 종료한 직후

견인측 치주인대 폭경이 대조군보다 더 증가된 상을 보였고 사선 방향으로 주행하였던 치주인대섬유가 치축에 수직 방향으로 주행하고 있었으며 활성화

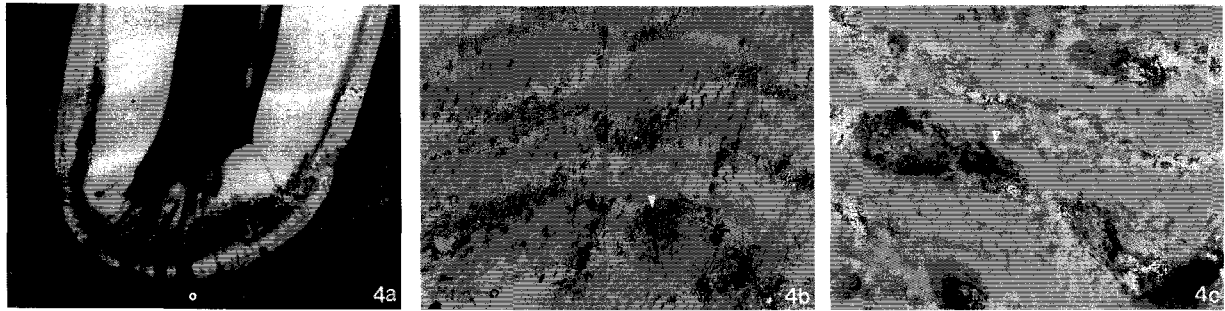


Fig. 4. A light photomicrograph of experimental group,

- a) 28-day after activation.(tension side, ×100)
- b) 28-day after activation.(alkaline phosphatase stain, arrow:ALP(+)×100)
- c) 28-day after activation.(acid phosphatase stain, arrow:TRAP(+)×400)

된 조골세포는 거의 관찰되지 않았다(Fig. 3a). 반대로 압박측 치주인대 폭경은 감소된 소견을 보였으며 치주인대의 섬유들이 치축에 수직으로 압축되며 유리질화(hyalinization)가 관찰되었으나 파골세포는 거의 관찰되어지지 않았다(그림 3b).

2) 교정력 종료후 14일 보정기간 경과군

치주인대내 섬유아세포들이 증식되어 히알린 결합 조직(hyalinized connective tissue)이 회복되는 소견이 관찰되었고 견인측 치주인대의 폭경이 교정력을 가한 직후보다 감소하였으며, 소수의 조골세포와 함께 신생골형성도 관찰되었다(그림 3c). 압박측 치주인대의 폭경도 다소 증가되었으며 골흡수 소견을 소수 관찰되었다(그림 3d).

3) 교정력 종료후 28일 보정기간 경과군

치주인대섬유는 정상적으로 회복되어 대조군과 유사한 양상을 보였고 견인측 치조골내 다수의 조골세포와 활발한 신생골형성이 관찰된 반면(그림 3e), 압박측 치조골은 다수의 파골세포와 왕성한 골흡수 양상을 보였다(그림 3f).

2. 연마표본군

1) 교정력을 종료한 직후

치근단 1/3부위에서 압박력을 받은 부위의 치주인대강은 좁아진 양상을 보였고 긴장력을 받은 부위는 넓어진 양상으로 관찰되었으며 골구조의 변화도 관찰할 수 없었다.

2) 교정력 종료후 14일 보정기간 경과군

치주인대강과 치조골사이에 층판의 구조가 형성되지 않은 미성숙골은 부위에 따라 소수 관찰할 수 있었다.

3) 교정력 종료후 28일 보정기간 경과군

치주인대강 인접 치조골계면에서 미성숙골이 다량 관찰되었다(그림 4a).

3. 염기성 인산분해효소 염색군

1) 교정력을 종료한 직후

ALP에 활성이 있는 조골세포가 견인측 압박측 모두 거의 관찰되지 않았다.

2) 교정력 종료후 14일 보정기간 경과군

ALP에 활성이 있는 조골세포가 견인측에서 부분 부분 관찰되었으며, 압박측에서는 거의 관찰되지 않았다.

3) 교정력 종료후 28일 보정기간 경과군

ALP에 활성이 있는 조골세포가 견인측에서 다수 관찰되었으며, 압박측에서는 거의 관찰되지 않았다(그림 4b).

4. Tartrate 저항성 산성인산분해효소 염색군

1) 교정력을 종료한 직후

TRAP에 활성이 있는 파골세포가 견인측, 압박측 모두 거의 관찰되지 않았다.

2) 교정력 종료후 14일 보정기간 경과군

TRAP에 활성이 있는 파골세포가 압박측에서 소수 관찰할 수 있었으며, 견인측에서는 거의 관찰되지 않았다.

3) 교정력종료후 28일 보정기간 경과군

TRAP에 활성이 있는 파골세포는 압박측에서 다수 관찰되었으며, 견인측에서는 거의 관찰되지 않았다(그림 4c).

IV. 총괄 및 고찰

교정력에 따른 치주조직의 반응에 대한 국내의 실험적 연구는 남¹⁾, 임⁵⁾, 유와 이²⁾의 광학현미경 연구가 있었고, 전자현미경 연구는 장⁶⁾, 이와 이⁴⁾의 긴장측 치주조직에 관한 연구와 압박측 치주조직에 관한 이³⁾의 연구가 있었으나 모두 백서에서 교정력이 가해지는 동안에 일어나는 일련의 과정을 연구하였다. 본 실험에서는 가한 힘의 크기와 힘이 실제 적용되어지는 치근막면적을 비교해 볼 때 인간에 가까운 단위면적당 힘을 가한다는 측면에서 유성견을 선택하였고 치아도 그러한 의도에서 견치와 제1대구치를 선택하였다. 그러나 인간과 유성견의 치조골을 비교하면 유성견이 훨씬 골치밀도가 크고, 특히 하악에서 실험이 진행됐다는 점과 실험과정에서의 여러변수에 의한 힘의 감소 등을 고려하여 200gm의 강한 힘을 사용하여 치아에 교정력을 가한 결과, 조직표본을 통해 H-E염색상 압박측 골계면에서 파골세포로 추정되는 세포와 인장측 골계면에서 조골세포로 추정되는 조골세포에서 각각 TRAP, ALP활성여부를 검사하여 실제 파골세포 조골세포임을 확인할 수 있었고, ground section표본에서는 villanueva염색을 통해 골구조의 변화를 관찰하여 신생골의 침착을 확인할 수 있었다.

교정력이 치아에 가해지면 실험동물이나 대상치아, 교정장치의 종류, 힘의 크기 및 적용기간에 따라 다양한 조직반응을 보이나 대체로 조직의 손상, 염증반응, 치유 및 재생의 과정을 거친다.

교정적 치아이동시 압박측 치주조직반응을 광학 현미경으로 관찰하면 유리질화와 치조골 흡수 등의 소견이 관찰된다. 하악린 결합조직은 압박부 치주조직에서 혈관의 폐쇄나 소실에 뒤이어 발생하는 가역성의 세포성분이 소실된 무구조물로 정의할 수 있는데^{16,26)} 이때 사용한 교정력의 크기에 관계없이 발생하며 교정력이 약하면 변성범위가 좁고²⁰⁾, 실험동물에 따라 치조골의 치밀도가 다르며, 치밀도가 높을수록 빨리 그리고 넓게 유리질화가 발생한다고 하였다²³⁾. Reitan²²⁾은 인간의 치아를 교정력으로 이동시켰을 경우 최초의 유리질화는 교정력을 가한 30-40시간 후에 발생한다고 하였다. 반면에 백서에서는 비교적 빨리 유리질화가 진행되어 Rygh^{25,27,28)}, Kvam²³⁾은 6시간 후에, Macapanpan¹⁷⁾등은 3시간 후에 관찰된다고 하였다.

치조골 흡수와 관련하여 압박측 치조골에서 일어나는 골개조 과정은 휴지, 활성화, 반전, 골형성 및 휴지의 과정을 거치면서 진행되는데¹⁹⁾ 골개조 과정에

서의 활성화는 수시간 내에 이루어지며, 흡수는 약 한달간 계속되고 다양한 반전기를 거친 다음에 골형성이 2-3개월간 지속된다고 하였다^{11,14)}. 교정력에 의한 치조골의 반응은 정상적인 골개조 과정에서 관찰되는 소견과 유사한 것으로 생각되고 있으며³²⁾, Reitan²⁴⁾은 교정력이 가하여진 후 수시간내에 파골세포의 수가 증가되며, 교정력을 제거한 다음에도 쥐에서는 수 일, 사람에게는 10일까지 파골세포가 존속한다고 하였다.

Reitan²¹⁾은 유성견의 상악치아를 교정력으로 이동시켰을 경우 15일이 지난후 유리질화와 함께 약간의 초기 골흡수가 시작되기 시작하였으며 21일째 더욱 심한 유리질화가 진행되었고 약간의 골흡수 양상을 보였으며, 50일이 지난후에는 치근 흡수가 심하게 일어났고 왕성한 골흡수가 일어났다고 보고 하였다. 본 실험에서는 교정력을 종료한 직후 유리질화가 관찰되었고 교정력을 종료후 14일 보정기간 경과군에서는 소수의 파골세포가 관찰되었으며 28일경과군에서는 다수의 파골세포와 활발한 골흡수 양상을 보였다. 유리질화가 Reitan의 실험과 비교시 더욱 빨리 나타났으나, 치조골치밀도가 높을수록 빨리 넓게 유리질화가 진행된다는 점에서, 본 연구에서 이용된 실험동물의 골성숙도가 예상보다 많이 진행되어 있었고 골치밀도가 높은 하악골에서 강한 힘을 적용했기 때문에 사료된다. 또한 파골세포출현과 초기 골흡수가 더늦은 이유로는 골치밀도가 높은 부위에 강한 힘이 가해져서 더욱 넓은 부위에 걸쳐 유리질화가 이루어짐으로서 그 회복기간이 더 소요됨으로서 파골세포출현이 늦었으리라 사료된다. 그러나 실제 왕성한 골흡수가 일어난 시기를 비교하면 Reitan의 실험과 비교시 본 연구에서 상당히 빠른 면을 볼 수 있었는데 이는 계속적인 교정력을 가한 경우와 보정기간을 가진 경우의 차이로서, 교정력을 가한 후 일정한 보정기간을 가진 경우 더 일찍 반응이 시작됨을 알 수 있었고 이는 세포에 일정한 휴식기간을 줌으로서 더욱 빠른 파골세포 활성을 나타냈을 것으로 사료된다. 그의 치근단에서 치근흡수 소견을 보였으나 이는 실험이전의 치아외상에 기인한 것으로 보인다. 교정적 치아이동시 견인측 치주조직반응에 대해 백서를 대상으로 한 광학 현미경 및 전자현미경적 연구소견^{17,29,30)}에서 치근막섬유의 신장, 치근막세포의 증식, 치조골면의 신생골 형성, 치근막 혈관의 증가, 혈관 신경극의 확장, 간질에서 간극의 존재, 교원원섬유를 함유하는 조섬유세포의 증가 단핵포 식세포의 출현 및 단핵포

식세포 주위기질에서 교원들의 소실등이 보고되었다.

일반적으로 교정력이 가해지면 초기에 장력측 치근막 섬유층의 신장과 세포분열, 증식이 보고되고 있는데^{17,36)} 본 실험에서도 장치삽입후 7일 경과군에서 신장된 치근막 교원섬유와 기존의 조골세포들이 치근막이 신장된 방향을 향하여 배열된 모습이 관찰되었다. 또한 교원섬유의 신장방향이 힘의 방향과 일치하여 관찰되었는데 이는 섬유층이 물리적인 힘에 영향을 받고 있음을 의미한다.

Garant¹²⁾는 조섬유세포가 골면으로부터 신생Sharpey 섬유사이로 이주하면서 신생교원원섬유를 만들어 첨가시키는 것으로 보고하였고, 이때에 Sharpey 섬유사이에 있는 조섬유세포들이 조골세포로 분화되는 것과 Sharpey 섬유를 만들어내는 것이 동일한 세포인지 아니면 별개의 세포인지는 확실치 않다고 하였다.

교정력에 의한 견인측 신생골의 형성과 압박측 골흡수 기전에 관하여 아직은 분명치 않으나 지금까지의 연구에 의하면 교정력에 의하여 골의 힘이 유발되면 치주조직에서 압전기가 발생되고^{9,13)} 아울러 prostaglandin 합성이 증가된다³³⁾. 조직에 압전기가 형성되면 전하를 띠는 부위에 조골세포가 이동되어가고, 양전하를 띠는 부위에는 파골세포가 모이는 것으로 알려져 있다³⁷⁾. prostaglandin은 adenylate cyclase를 활성화시키고 cAMP는 골세포의 분화 및 활성을 촉진시키는 것으로 추정되고 있다.

가해진 힘의 크기와 골형성관계에 관하여 Ackerman⁷⁾에 의하면 가해진 힘의 크기에는 골형성 양에 큰 차이를 보이고 있지 않았는데 이는 신생골 형성은 치아에 가해진 힘의 크기보다 기간에 더 밀접한 관계가 있다고 보고하였고, Aisenberg⁸⁾의 보고에 의하면 강한 힘을 준 경우 힘의 방향으로 골소주가 형성되고 있는 것은 당겨진 교원섬유가 찢어지는 것에 대한 방어기전이 작용하는 것으로 설명하고 있으며 약한 힘을 준 경우에 치조골면 전반에 걸쳐 고르게 신생골이 형성된 것은 골소주 양상으로 신생골이 형성된 강한 힘을 준 경우에 비하여 고정기간을 단축시켜 주는 이유중의 하나라고 설명하고 있다.

이⁴⁾등은 백서에서 12시간 경과후에 치조골 인접부위에서 방추형세포가 증가하고, 1일 경과후에 조골세포가 다수 출현하며 3일 및 7일에 왕성한 신생골형성을 보고 하였다. 본 실험에서는 유성견에서 교정력을 7일간 가한 직후 이전의 조골세포들에 규칙적인 배열이 사라지고 드문 드문 관찰되었으며, 14일째 조골세포의 수가 점차 증가하고, 28일째 다수의 조골세포가

관찰되면서 왕성한 신생골형성이 관찰되었다.

유성견의 상악치아를 교정력으로 이동시켰을 경우²¹⁾ 15일이 지난후 미약한 골흡수양상을 동반한 약간의 미성숙골 형성이 관찰되었으며 21일째 골흡수양상은 사라지고 골형성이 계속 진행되었으며 50일이 지난후에는 왕성한 골형성 양상을 보였다고 보고하였다. 본 실험에서는 교정력을 가한지 14일 경과군에서는 약간의 초기 미성숙골형성과 함께 소수의 조골세포가 관찰되었으며 28일경과군에서는 다수의 조골세포와 왕성한 골형성이 관찰되었다. 견인측에서의 실험결과는 Reitan의 실험결과와 유사하였으나, 조골세포의 활성차원에서 지속적인 교정력을 가한군보다 보정기간을 갖는 군이 더욱 빠른 조골세포활성이 이루어졌고, 이는 파골세포의 활성 양상과 유사하며 이는 세포에 일정한 휴식시간을 줌으로서 더욱 빠른 조골세포 활성을 나타냈을 것으로 사료된다.

본 연구에서는 교정력을 종료한 직후 보정기간을 줌으로서 조골세포, 파골세포 및 치조골의 변화 양상을 관찰하였다. 그러나 표본수가 작고 보정기간이 짧은 이유등으로 인해 세포의 정확한 출현시기와 그 이상의 보정기간중 일어나는 일련의 조직학적 변화에 대한 관찰을 할 수 없었고, 또한 가해진 교정력의 세기와 적용방식의 다양화, 적절한 동물의 선택과 골치밀도의 예측 등을 통해 보다 다양한 범위에서 적절한 실험방법으로 더 진보된 연구가 필요할 것으로 사료되어진다.

V. 결 론

교정력에 의한 치주조직의 변화를 알아보기 위해 성장중인 유성견에서 단기간의 교정력이 가해진 직후와 보정기간 동안 일어나는 치아와 골조직의 변화 양상을 조직학적으로 관찰하였다. 본 연구에서는 생후 4-6개월된 유성견 3마리를 이용하여, 각 실험동물의 하악 좌측 견치와 제1대구치는 실험군으로, 우측 견치와 제1대구치는 대조군으로 하였다. 하악견치와 제1대구치에 치관사이에서 최초 교정력이 200gm이 되도록 0.018"×0.022" S.S closed coil spring(Dentaram Co)의 길이를 조절하여 치아에 결찰시키고 장치는 1주간 활성화기간을 갖은 후 14일, 28일의 보정기간을 거쳐 희생시켜 하악골을 절제하여 통법에 따라 H-E염색군, 연마표본군, ALP염색군, TRAP염색군등으로 나누어 염색을 시행하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 교정력을 종료한 직후

견인측 치주인대 폭경이 대조군보다 더 증가된 상을 보이고, 반대로 압박측은 폭경이 감소된 소견을 보이며 치주인대의 섬유들이 치축에 수직으로 압축되며 초자양 변성이 관찰되었다.

대조군에서 관찰되는 다수의 규칙적인 배열을 보였던 조골세포가 견인측에서는 간혹 관찰되었다.

2. 교정력 종료후 14일 보정기간 경과군

치주인대내 섬유아세포들이 증식되어 초자질대가 회복되는 소견이 관찰되었고 견인측 치주인대의 폭경이 교정력을 종료한 직후군보다 감소하였으며, 소수의 ALP(+) 조골세포와 함께 신생골형성도 관찰되었다.

압박측 치주인대의 폭경은 교정력을 종료한 직후군보다 다소 증가하였으며 골흡수도 증가되었다.

3. 교정력 종료후 28일 보정기간 경과군

치주인대섬유는 정상적으로 회복되어 대조군과 유사한 양상을 보였고 견인측 치조골내 다수의 ALP(+) 조골세포와 활발한 신생골형성이 관찰됨과 더불어 압박측 치조골은 다수의 TRAP(+)파골세포와 왕성한 골흡수양상을 보였다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 교정력을 7일간 가한 직후 유리질화가 관찰되었고 교정력을 종료후 28일 보정기간 경과군에서 압박측에서는 파골세포 견인측에서는 조골세포의 활성화와 함께 각각에서 왕성한 골흡수와 신생골형성이 관찰됨을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- 1 남동석 : 흰쥐의 실험적 치아이동시 치수의 반응에 관한 조직학적 연구, 「대한치과교정학회지」, 1:15-20, 1971.
- 2 유영규, 이인환 : 백서의 실험적 치아이동에 따른 치주조직의 조직학적 연구, 「대한치과교정학회지」, 19:141-144, 1981.
- 3 이인환 : Guinea pig에서 실험적 치아이동에 따른 압박측 치아주위조직의 변화에 관한 전자현미경적 연구, 「대한치과교정학회지」, 13:165-178, 1983.
- 4 이정훈, 이기수 : 백서구치의 교정적 치아이동중 장력측 치주조직의 반응에 관한 전자 현미경적 연구, 「대한치과교정학회지」, 28:223-232, 1987.
- 5 임진환 : 실험적 치아이동시 나타나는 백서치주조직의 변화에 대한 조직학적 및 조직화학적 연구, 「대한치과교정학회지」, 6:33-37, 1976.
- 6 장지우 : 실험적 치아이동시 견인측 치주조직에 미치는 영향에 관한 전자현미경적 연구, 「대한치과교정학회지」, 6:33-37, 1984.
- 7 Ackerman, J.L. and Cohen, M.I. : The effect of quantified pressures on bone, Am.J.orthod., 52:34-46, 1966.

- 8 Aisenberg, M.S. and Baltimore, : The tissue and change involved in orthodontic tooth movement Am.J.orthd., 34:854-859, 1948.
- 9 Baumrind, S. and Buck, D.L. : Rate changes in cell replication and protein synthesis in the periodontal ligament incident to tooth movement, Am.J.orthd.,57 :109-131, 1970.
- 10 Davidovitch, Z. and Shanfeld, J.L. : Cyclic AMP levels in alveolar bone of orthodontically treated cats, Archs. Oral Biol., 20:567-574, 1975.
- 11 Frost, H.M. : Tetracycline-based histological analysis of bone remodellings, Calif. Tissue Res., 3:211-237, 1969.
- 12 Garant, P.R. and Cho, M.I. : Autoradiographic evidence of the genesis of Sharpey's fibers with new bone formation in the peridontium of the mouse, J. Periodont. Res., 14 :104-114, 1979.
- 13 Grimm, F.M. : Bone bonding, A feature of orthodontic tooth movement, Am.J.orthd., 62:384-393, 1972.
- 14 Jarwoski, Z.F.G. : Bone morphometry. proceedings of the Frst intermational workshop, Ottawa, University of Ottawa press, 1976.
- 15 Koumas, H. and Matthews, J.L. : Effect of pressure on the formation of Collagen in the peridontal ligament, Am.J. orthd., 56:604-612, 1969.
- 16 Kronma. J.H. : Tissue reaction and recovery following experimental tooth movement, Angle Orthod., 41:125-132, 1971.
- 17 Macaspanpan, L.C. Weinman, J.P., and Brodie, A.G. : Early tissue changes following tooth movement in rats, Angle Orthod., 24:79-95, 1954.
- 18 Oppenheim, a. : Tissue changes, Particulary of Bone, Incident to Tooth movement, Am.J.orthd., 3:57-67, 113-132, 1911-1912.
- 19 Parfitt, A.M. : The cellular basis of bone remodelling : The quantum concept reexamined in the light of recent advances in the cell biology of bone, Calif. Tissue Int. 36:537-545, 1984.
- 20 Reitan, K. : Tissue behsvior during orthodontic tooth movement, Am.J.orthd., 46:881-900, 1960.
- 21 Reitan, K. : Effect of force magnitude and direction of tooth movement on different alveolar bone types, Angle Orthod., 34:244-255, 1964.
- 22 Reitan, K. : Biomechanical principles and reactions in Current orthodontic principles and techniques, ed by Graber, T.M., W.B. Philadelphia, Saunders Co., 56-159, 1969.
- 23 Reitan K. and Kvam.E. : Comparative behavior of human and animal tissue during experimental tooth movement, Angle orthd., 41:1-14, 1971.
- 24 Reitan, K. : Biomechanical principles and reaction. in Current orthodontic concept and techniques, ed by Graber, T.M. and Swain, B.F., Philadelphia, Saunders Co., 1975.
- 25 Tygh. P. : Ultrastructural cellular reations in pressure

- zones of rat molar periodontium incident to orthodontic tooth movement, *Acta Odont. Scand.*, 30:575-593, 1972.
26. Ryghh P. : Ultrastructural vascular changes in pressure zones of rat molar periodontium incident to orthodontic tooth movement, *Scand. J. Dent. Res.*, 80:307-321, 1972.
 27. Ryghh P. : Ultrastructural changes of the periodontal fibers and their attachment in rat molar periodontium incident to orthodontic tooth movement, *Scand. J. Dent. Res.*, 81:467-480, 1973.
 28. Ryghh P. : Elimination of hyalinized periodontal tissues associate with orthodontic tooth movement, *Scand. J. Dent. Res.*, 82:57-73, 1974.
 29. Ryghh P. : Ultrastructural vascular changes in tension ones of rat molar periodontium incident to orthodontic tooth movement, *Scand. Am.J.orthd.*, 70:269-281, 1976.
 30. Ryghh P., Bowling, K., Hovlandsdal, L., and Williams S. : Activation of the vascular system : A main mediator of periodontal fiber remodelling in orthodontic tooth movement, *Am.J.orthd.*, 89:453-468, 1986.
 31. Roberts, W.E. and Jee, W.S.S. : Cell kinetics of orthodontically stimulated periodontal ligament in the rat, *Archs. Oral Biol.*, 19:17-21, 1974.
 32. Sandstedt, C. : Einige Beitrage zur Theorie der Zahnregulierung, Nord., *Tandl Tidsk.* 5:236-256, 1904.
 33. Smith, R.K. and Roberts, W.E. : Cell kinetics of the initial response to orthodontically induced osteogenesis in rat molar periodontal ligament, *Calcif. tissue Int.*, 30:51-56, 1980.
 34. Storey, E. and Smith, R. : Force in orthodontics and its relation to tooth movement, *Aust. J. Dent.*, 56:11-18, 1952.
 35. Storey, E. : The nature of tooth movement, *Am.J.orthd.*, 63:292-314, 1973.
 36. Zaki, A.E. and Huysen, G.V. : Histology of periodontium following tooth movement, *J.Dent. res.* 42:1373-1379, 1963.
 37. Zengo, Ana., Pawluk, R.J., and Basett, C.A.L. : Stress induced bioelectric potentials in the dentoalveolar complex, *Am.J.orthd.*, 74:17-27, 1973.

- ABSTRACT -

A Study on the changes of periodontal tissue after orthodontic tooth movement in young adult dogs

Nam-Yong Kang, D.D.S., M.S.D., Young-John Yoon, D.D.S., M.S.D., Ph.D.,
Kwang-Won Kim, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Department of Dentistry graduate School of Chosun University

For orthodontic tooth movement, optimal orthodontic force should be maintained without periodontal breakdown and alveolar bone should be remodeled physiologically.

Therefore, To obtain proper occlusion through tooth movement within alveolar bone, we should know the biomechanics of teeth and supporting tissues. The present study was performed to observe histologic changes of periodontal tissue immediately after application of orthodontic force and during the retention period in growing young adult dogs. In this study, experimental group contained between mandibular left canine and 1st molar and control group contained contralateral teeth of same animal. The .018"×.022" stainless steel closed coil spring(Dentaurum Co.) was ligated on the experimental teeth at initial 200gm-force from mandibular canine to 1st molar. The animals(4 to 6 months aged young adult dogs) were sacrificed on 0, 14, 28 days after the finish of appliance activation, and then tissue samples were divided into hematoxylin-eosin(HE) staining section, ground section, alkaline phosphatase(ALP) staining section, and tartrate-resistant acid phosphatase(TRAP) staining section. Thereafter, the preparations were examined under light microscopy.

The following results were obtained:

1. Immediately after the finish of appliance activation, the periodontal space was increased in tension side, but decreased

- in pressure side compared to that of control. The hyalinized zone was also observed in the periodontium.
2. After the 14-day retention, peridental space was decreased in tension side and slightly increased in pressure side compared to that of immediately after the finish of appliance activation. The hyalinized zone was repaired and a few osteoblasts showing slightly new bone formation were seen. Osteoblasts were scarcely observed along the alveolar bone.
 3. After the 28-day retention, the periodontal fibers are normally repaired. A lot of TRAP(+) osteoclasts and increased alveolar bone resorption were observed in pressure side, and AP(+) osteoblast and increased new bone formation were observed in tension side.

KOREA. J. ORTHOD. 1997 ; 27 : 559-568

※ **Key words** : optimal orthodontic force, osteoblast, osteoclast